



KONGERIKET NORGE

The Kingdom of Norway

REC'D 03/08/2003  
PCT/NO 03/00262

REC'D 27 AUG 2003

WIPO PCT

Bekreftelse på patentsøknad nr  
*Certification of patent application no*

20023609

▶ Det bekreftes herved at vedheftede dokument er nøyaktig utskrift/kopi av ovennevnte søknad, som opprinnelig inngitt 2002.07.30

▶ *It is hereby certified that the annexed document is a true copy of the above-mentioned application, as originally filed on 2002.07.30*

2003.08.22

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

*Line Reum*

Line Reum  
Saksbehandler



**PATENTSTYRET**  
Styret for det industrielle eigenskapsskydd

PATENTSTYRET

02-07-30\*20023609

1c

OPFFINNELSENS

BENEVNELSE:

FREMGANGSMÅTE OG ANORDNING FOR Å BESTEMME ET  
TURBINBLADS DRIFTSTILSTAND OG Å ANVENDEN DEN  
INNSAMLEDE TILSTANDSINFORMASJON I EN  
LEVETIDSBEREGNING

SØKER:

DYNATREND AS  
ARABERGVEIEN 1  
4050 SOLA

OPFFINNER:

LYDER MOEN  
ARABERGVEIEN 1  
4050 SOLA

FULLMEKTIG:

HÅMSØ PATENTBYRÅ ANS  
POSTBOKS 171  
4302 SANDNES

VÅR REF.: P 10320

FREMGANGSMÅTE OG ANORDNING FOR Å BESTEMME ET TURBINBLADS  
DRIFTSTILSTAND OG Å ANVENDE DEN INNSAMLEDE TILSTANDSINFORMA-  
SJON I EN LEVETIDSBEREGNING

Denne oppfinnelse vedrører en fremgangsmåte for å bestemme et  
5 turbinblads driftstilstand og å anvende den innhentede  
driftstilstand i en levetidsberegning for turbinbladet. Nær-  
mere bestemt dreier det seg om en fremgangsmåte for å bestem-  
me når turbinbladet er utsatt for en uønsket driftstilstand  
for eksempel i form av såkalt "roterende stall", hvorefter  
10 den målte og bearbejdede informasjon anvendes som en andel av  
den til et levetidsberegningsprogram inngående informasjon.  
(Det engelske ordet "stall" kan oversettes med "metning".  
Imidlertid er det engelske ordet godt innarbeidet i det nors-  
ke språk innen fagfeltet turbiner, og betegner på en mer fyl-  
15 lesgjørende måte de forhold det her er tale om.) Oppfinnel-  
sen omhandler også en anordning for utøvelse av oppfinnelsen.

Med et turbinblads driftstilstand menes i denne sammenheng  
den art av påkjenning turbinbladet er utsatt for. Driftstil-  
standen kan for eksempel være normal drift, roterende stall,  
20 etc.

Beregning av levetid for et turbinblad hvorved gjenstående levetid kan fastlegges er en meget viktig for å kunne planlegge vedlikeholdsintervall. Tidlige beregningsmetoder var basert utelukkende på driftstid, idet for eksempel et turbinblads levetid ble satt til en driftstid hvor det med rimelig sikkerhet kunne forventes tilfredstillende funksjon uansett hvilke påkjenninger turbinbladet var utsatt for under driftstiden.

Det er innlysende at en slik relativ enkel levetidsberegning medførte for hyppige vedlikeholdsintervall, og følgende utskiftning av turbinblad som under driftstiden hadde vært utsatt for relativt lave påkjenninger. Kjent teknikk omfatter nå til dels kompliserte levetidsberegningsmetoder hvor det foruten driftstid også tas hensyn til parametere som for eksempel effektbelastning, driftsforstyrrelser både i den komponent som overvåkes og i nærliggende komponenter, slitasje, og dessuten feil i det måleutstyr som anvendes for å måle belastningene.

For et turbinblad i en flertrinns aksialkompressor har det vist seg at roterende stall kan medføre overbelastninger av turbinblad med påfølgende skade og kompressorhavari uten at tilstanden er oppdaget ved hjelp av utstyr og metoder ifølge kjent teknikk. Roterende stall kan oppstå i et turbintrinn når luften kommer inn mot turbinbladet i feil vinkel. Dette kan bevirke at strømmingen separeres i grenselaget mellom blad og luft (boundary separation), hvorved det genereres varierende strømming på ett eller flere steder langs trinnets omkrets. Når ett første turbinblad utsettes for denne tilstand, avbøyes luftstrømmen mot et nærliggende turbinblad som overbelastes, samtidig som det andre nærliggende turbinblad avlastes. Dette bevirker at det overbelastede turbinblad ut-

settes for stall hvorved det første turbinblad avlastes. En roterende stall forplanter seg således langs trinnets omkrets og har tilnærmet halv hastighet i forhold til turbinens rotasjons-hastighet.

- 5 Ifølge kjent teknikk overvåkes kompressoren ved hjelp av ytelsesmålinger. De fra målingen fremkomne måleverdier utgjør en del av inngangsverdiene i et levetidsberegningsverktøy. Målingene sammenlignes med forventede verdier, idet forventet levetid til den aktuelle komponent eller hele turbinen påvir-
- 10 kes av om den målte verdi er større eller mindre enn en forventet verdi. Denne form for overvåkning er imidlertid ikke innrettet til å kunne bestemme hvilket kompressortrinn som er utsatt for stall.

- 15 Oppfinnelsen har til formål å avhjelpe ulempene ved kjent teknikk.

Formålet oppnås i henhold til oppfinnelsen ved de trekk som er angitt i nedenstående beskrivelse og i de etterfølgende patentkrav.

- 20 Forsøk har vist at representative og pålitelige måleverdier som angir turbinbladets driftstilstad, kan frembringes ved hjelp av en på kompressorhuset anbrakt vibrasjonsfølsom føler i form av et akselerometer eller annet vibrasjonsfølsomt instrument. Føleren monteres ved eller relativt nær de(t) kompressortrinn som skal overvåkes.

- 25 Ved å montere føleren på kompressorhusets utside er det unødvendig å forsyne kompressorhuset med gjennomgående borer. slik det er vanlig når det skal utføres trykkmålinger. I et kompressorhus tilhørende for eksempel et luftfartøy er det

ikke praktisk mulig å foreta boring i huset etter at det er sertifisert.

5 Føleren fanger opp akustisk genererte trykkbølger fra turbinbladene ved at trykkbølger forplanter seg gjennom luften til kompressorhuset og bevirker at kompressorhuset settes i svingninger.

10 Målesignalet fra føleren behandles for eksempel ved hjelp av såkalt "Fast Fourier Transform" (FFT) hvor målesignalet omvandles til måleverdier som korresponderer med de frekvenser de normalt forekommer ved, og ved hjelp av andre i og for seg kjente signalbehandlingsfiltre.

Måleverdier fra flere kompressortrinn hvor trinnene har samme antall turbinblad kan om ønskelig kombineres til ett felles måleverdisett.

15 De over et frekvensområde fordelte måleverdier sammenlignes deretter med forventede verdier på hver av de korresponderende frekvenser. Dersom måleverdien ved en frekvens overstiger eller faller under et på forhånd bestemt måleverdiintervall, avgis signal om måleverdien til en levetidsberegningsanordning, idet levetidsberegningen korrigeres for den aktuelle turbinskovles driftstilstand.

20

I grenseområdet mellom normal drift og roterende stall er kompressortrinnets bladpasseringsfrekvens noe ustabil og fluktuerer noe. Ved å angi grenseverdier for fluktuasjonen kan også dette forhold medtas i levetidsberegningen.

25

Som nevnt ovenfor, forplanter roterende stall seg om rotoren

med i størrelsesorden halvdelen (50 til 70%) av rotorens omdreiningshastighet. Den av roterende stall genererte vibrasjonsenergi kan anvendes som en tilleggsinformasjon ved levetidsberegningen. Imidlertid kan den genererte vibrasjonsenergi være for lav til å anvendes som en indikator dersom roterende stall bare forekommer i ett rotortrinn.

I det etterfølgende beskrives et ikke-begrensende eksempel på en foretrukket fremgangsmåte og anordning som er anskueliggjort på medfølgende tegninger, hvor:

10 Fig. 1 viser et aksialsnitt gjennom en kompressor; og

Fig. 2 viser et forenklet diagram hvor måleverdiene analyseres.

På tegningene betegner henvisningstallet 1 et utsnitt av en kompressor omfattende flere kompressortrinn 2 med tilhørende statortrinn 4, kompressorhus 6 og rotor 8.

På kompressorhuset 6 er det anbrakt en vibrasjonsfølsom føler 10 som via en elektrisk ledning 11 er forbundet til en ikke vist signalbehandlingsanordning av i og for seg kjent utførelse.

20 Etter at signalene fra føleren 10 er behandlet i den ikke viste signalbehandlingsanordning, kan de presenteres grafisk som et diagram 12, se fig. 2.

Det aktuelle frekvensområdet er fordelt langs diagrammets 12 abscisse 16, mens diagrammets 12 ordinat 18 indikerer måleverdier. Det behandlede signal vises som en kurve 20.

Innenfor et frekvensområde som er avgrenset av linje 22, den såkalte "high pass" grense, og av linje 24, den såkalte "low pass" grense, i diagrammet 12, er det på grunnlag av erfaringsverdier bestemt en nedre grense 26 og en øvre grense 28 som kurvens 20 maksimalnivå 30 innen det nevnte frekvensområdet under normal drift befinner seg innenfor.

Skulle det oppstå en situasjon i det aktuelle kompressortrinn 2 hvor det tilføres for lite luft, vil verdien av maksimalnivået 30 falle under verdien 26. Dette forhold meddels den anordning som beregner komponentens levetid. Tilsvarende, om roterende stall skulle inntreffe, vil maksimalverdien 30 stige til et nivå som er høyere enn verdien 28, hvorved melding om dette forhold meddeles levetidsberegningssanordningen.

Diagrammets 12 abszisse kan deles opp i så mange frekvensområder som ønskelig med individuelle grenseverdier for hvert område. Typisk har kompressortrinn med ulikt antall turbin-skovler hvert sitt frekvensområde idet turbinskovlepasseringsfrekvensen, som er lik rotasjonshastigheten multiplisert med antall skovler, er ulik og derved opptrer ved ulik abszisseposisjon i diagrammet 12.





## P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte for å bestemme en kompressors (1) turbinblads (2, 4) driftstilstand, og å anvende den innhentede driftstilstand i en levetidsberegning for turbinbladet (2, 4), karakterisert ved at en måleverdi som avspeiler turbinbladets (2, 4) driftstilstand genereres av en til kompressorens (1) kompressorhus (6) forbundet vibrasjonsfølsom føler (10).

2. Fremgangsmåte i henhold krav 1 og hvor måleverdien fra føleren (10) er filtrert og henført til sine respektive frekvenser, karakterisert ved at måleverdiene innen et frekvensområde tildeles en minimum- og/eller en maksimumverdi, og hvor det dersom måleverdiens maksimalnivå faller utenfor de angitte grenseverdier, gis et signal til en levetidsberegningsanordning.

3. Fremgangsmåte i henhold til ett eller flere av de foregående krav, karakterisert ved at frekvensområdet oppdeles i minst to frekvensområder hvor hvert frekvensområde tildeles en individuell minimum- og/eller -maksimumverdi.

4. Anordning for å bestemme en kompressors (1) turbinblads (2, 4) driftstilstand, og å anvende den innhentede driftstilstand i en levetidsberegning for turbinbladet (2, 4), karakterisert ved at en vibrasjonsfølsom føler (10) er fast forbundet til kompressorens (1) kompressorhus (6).



## S a m m e n d r a g

Frengangsmåte og anordning for å bestemme en kompressors (1) turbinblads (2, 4) driftstilstand, og å anvende den innhentedriftstilstand i en levetidsberegning for turbinbladet (2, 4), og hvor en måleverdi som avspeiler turbinbladets (2, 4) driftstilstand genereres av en til kompressorens (1) kompressorhus (6) forbundet vibrasjonsfølsom føler (10).



1/2

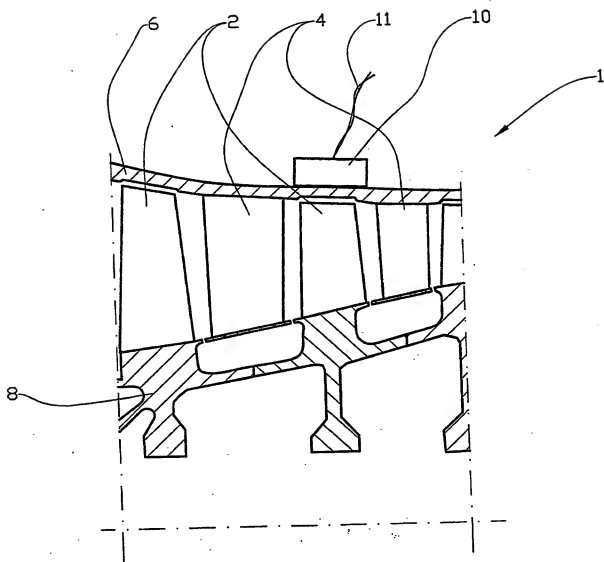


Fig. 1



2/2

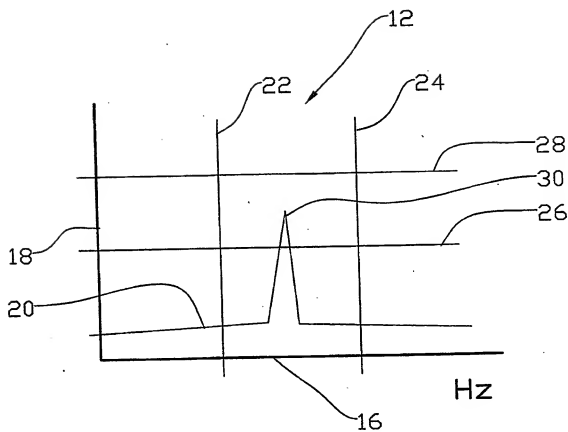


Fig. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**